

TRACKLESS TRAVELING ENGINE AND MOTION CONTROLLING METHOD FOR THE SAME

Publication number: JP2004074980

Publication date: 2004-03-11

Inventor: FUJITA ATSUSHI

Applicant: MITSUBISHI HEAVY IND LTD

Classification:

- International: B62D55/065; B62D55/075; B62D55/00; (IPC1-7):
B62D55/065; B62D55/075

- european:

Application number: JP20020240643 20020821

Priority number(s): JP20020240643 20020821

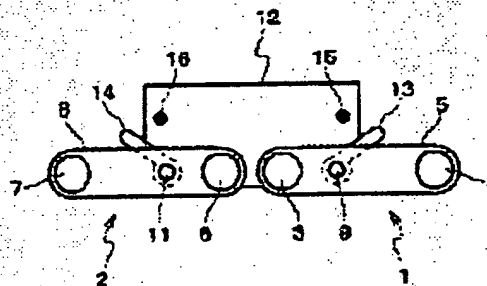
[Report a data error here](#)

Abstract of JP2004074980

PROBLEM TO BE SOLVED: To establish a technology for achieving a large scale mobility in the same size and to provide a trackless traveling engine having a narrow space mobility and a motion controlling method for the trackless traveling engine.

SOLUTION: This trackless traveling engine is provided with a front endless band ring 1 rockably supported by a main body 12, a rear endless band ring 2 rockably supported by the main body 12, a front restriction mechanism 15 defining a rocking angle position of the front endless band ring 1 for limiting its rocking, and a rear restriction mechanism 16 defining a rocking angle position of the rear endless band ring 2 for limiting its rocking. The front endless band ring 1 and the rear endless band ring 2 can freely rock and climb on a slant such as a stepped face to move the main body forward/backward. The rocking angles of the front endless band ring 1 and the rear endless band ring 2 are limited to the main body 12, and each of the front endless band ring 1 and the rear endless band ring 2 acts as one ring band and brought into point contact with an uneven face for moving forward/backward. In this way, the main body 12 can move on the uneven face changing variously when a switch between rocking and non-rocking is carried out, and the length of the main body can be reduced as a whole.

COPYRIGHT: (C)2004,JPO



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-74980

(P2004-74980A)

(43) 公開日 平成16年3月11日(2004.3.11)

(51) Int.Cl.⁷

B 6 2 D 55/065

B 6 2 D 55/075

F 1

B 6 2 D 55/065

B 6 2 D 55/075

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2002-240643 (P2002-240643)

(22) 出願日 平成14年8月21日 (2002.8.21)

(71) 出願人 000006208

三菱重工業株式会社

東京都港区港南二丁目16番5号

(74) 代理人 100102864

弁理士 工藤 実

(72) 発明者 藤田 淳

兵庫県神戸市兵庫区和田崎町一丁目1番1

号 三菱重工業株式会社神戸造船所内

(54) 【発明の名称】 無軌道走行機関、及び、無軌道走行機関の運動制御方法

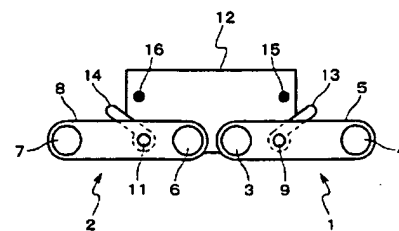
(57) 【要約】

【課題】 同一サイズ大型化の技術を確立すること。

【解決手段】 本体12に揺動可能に支持される前方側無限帯輪1と、本体12に揺動可能に支持される後方側無限帯輪2と、前方側無限帯輪1の揺動角度位置を規定して前方側無限帯輪1の揺動を制限する前方側制限機構15と、後方側無限帯輪2の揺動角度位置を規定して後方側無限帯輪2の揺動を制限する後方側制限機構16とを具備している。前方側無限帯輪1と後方側無限帯輪2とは、揺動自在であり、階段面のような斜面上に乗り上がって本体を前進させ又は後退させることができ、且つ、その揺動角度が本体12に対して制限され、前方側無限帯輪1と後方側無限帯輪2は、それぞれに1個の車輪として動作し起伏面に点状接触して前進し又は後退することができる。このように揺動と非揺動の切替えにより、本体12は多様に变化する起伏面上で運動することができる、本体の全体の長さを短縮することができる。

【選択図】

図1



【特許請求の範囲】

【請求項1】

本体と、

前記本体に揺動可能に支持される前方側無限帯輪と、

前記本体に揺動可能に支持される後方側無限帯輪と、

前記前方側無限帯輪の揺動角度位置を規定して前記前方側無限帯輪の揺動を制限する前方側制限機構と、

前記後方側無限帯輪の揺動角度位置を規定して前記後方側無限帯輪の揺動を制限する後方側制限機構

とを構成する無軌道走行機関。

10

【請求項2】

前記前方側制限機構は、

前記前方側無限帯輪を回転自在に前記本体に対して支持する回転軸と、

前記回転軸と同体に回転するリンクと、

前記本体に固定され前記リンクの回転を阻止するストッパとを形成する

請求項1の無軌道走行機関。

【請求項3】

前記ストッパは可動的に固定されている

請求項2の無軌道走行機関。

【請求項4】

前記前方側制限機構は、前記本体と前記前方側無限帯輪との間に介設される流体圧シリンダ機構を形成する

請求項1の無軌道走行機関。

20

【請求項5】

前記前方側制限機構は、前記本体と前記前方側無限帯輪との間に介設されるサーボモータである

請求項1の無軌道走行機関。

【請求項6】

請求項1の無軌道走行機関の運動を制御する無軌道走行機関の運動制御方法であり、

前記前方側無限帯輪の前記本体に対する揺動を許容して前記本体を前進させる第1ステップと、

30

前記第1ステップの前記本体の前進時に、前記後方側無限帯輪の前記本体に対する揺動を許容する第2ステップと、

前記前方側無限帯輪の前記本体に対する揺動を禁止して前記本体を前進させる第3ステップと、

前記後方側無限帯輪の前記本体に対する揺動を禁止して前記本体を前進させる第4ステップ

とを構成する無軌道走行機関の運動制御方法。

【請求項7】

前記第3ステップでは、前記前方側無限帯輪が第1面と第2面とが交叉する凸面領域に支持され、前記第1面と水平面との間の角度は、前記第2面と前記水平面との間の角度より小さい

40

請求項6の無軌道走行機関の運動制御方法。

【請求項8】

前記第1面は概ね水平であり、前記第2面は概ね鉛直である

請求項7の無軌道走行機関の運動制御方法。

【請求項9】

前記第1面と前記第2面は階段面を形成する

請求項8の無軌道走行機関の運動制御方法。

【請求項10】

50

前記第4ステップでは、前記後方側無限帯輪の前方部位が路面から浮き、前記後方側無限帯輪の後方部位が前記路面に支持されている

請求項7の無軌道走行機関の運動制御方法。

【請求項11】

前記第3ステップでは、前記前方側無限帯輪の前方部位が路面から浮き、前記前方側無限帯輪の後方部位が前記路面に支持され、且つ、前記第4ステップでは、前記後方側無限帯輪の後方部位が路面から浮き、前記後方側無限帯輪の前方部位が前記路面に支持されている

請求項6の無軌道走行機関の運動制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、無軌道走行機関、及び、無軌道走行機関の運動制御方法に関し、特に、4クローラタイプの無軌道走行機関、及び、無軌道走行機関の運動制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

左右にクローラが配置される2クローラタイプの自走車は、凹凸起伏が不規則であるオフロードで比較的に安定的に走行することができる。左右でそれぞれに前後に2つのクローラが配置される4クローラタイプの自走車は、特開平7-40865で知られているように、凹凸に規則性があるが長い起伏面を持つ階段面のような傾斜面を更に安定的に上り下りすることができる。原子力プラントで用いられるロボットには、自己の役目を知り行動対象に対して自律的に行動を選択する自立性と、狭い空間領域で方向転換する機動性が要求される。そのような自立性と機動性を持つロボット型4クローラタイプ車は、日本国特許第2717722号で知られている。瓦の中の生存者、狭い穴の中の危険物質の存在を探索する救助ロボットには、自立性と機動性の他に更に小型性が要求される。

【0003】

図4は、ロボットを搭載する4クローラ装備自走台車と階段の相対的大小関係を示している。自走台車101は、前後左右に対称に配置される4つのクローラ102に支持されている。クローラ102は、自走台車101に固定されている揺動軸103のまわりに揺動可能である。図4(a)、(b)、(c)、(d)、(e)に時系列的に示されるように、自走台車101は安定的に階段の階段面104を昇ることができる。図5(a)、(b)、(c)、(d)、(e)は、階段に対して相対的により小型化されている自走台車101'と階段面104'の相対的大小関係を示している。時系列的に示される5つの運動状態のうち図5(e)に示される運動状態の前方のクローラ102'は、鉛直面である階段面104'を昇ることができない。

【0004】

4クローラタイプ自走車には、同一サイズで大型機動性を持つことが要求される。4クローラタイプ自走車の同一サイズ大型化を実現する技術の確立が求められる。更に、狭小空間機動性が同時に求められる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の課題は、同一サイズ大型化の技術を確立することができる無軌道走行機関、及び、無軌道走行機関の運動制御方法を提供することにある。

本発明の他の課題は、更に狭小空間機動性を有する無軌道走行機関、及び、無軌道走行機関の運動制御方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】

その課題を解決するための手段が、下記のように表現される。その表現中に現れる技術的事項には、括弧()つきで、番号、記号等が添記されている。その番号、記号等は、本発明の実施の複数の形態又は複数の実施例のうちの少なくとも1つの実施の形態又は複数の

10

20

30

40

50

実施例を構成する技術的事項、特に、その実施の形態又は実施例に対応する図面に表現されている技術的事項に付せられている参照番号、参照記号等に一致している。このような参照番号、参照記号は、請求項記載の技術的事項と実施の形態又は実施例の技術的事項との対応・橋渡しを明確にしている。このような対応・橋渡しは、請求項記載の技術的事項が実施の形態又は実施例の技術的事項に限定されて解釈されることを意味しない。

【0007】

本発明による無軌道走行機関は、本体(12)と、本体(12)に揺動可能に支持される前方側無限帯輪(1)と、本体(12)に揺動可能に支持される後方側無限帯輪(2)と、前方側無限帯輪(1)の揺動角度位置を規定して前方側無限帯輪(1)の揺動を制限する前方側制限機構(15)と、後方側無限帯輪(2)の揺動角度位置を規定して後方側無限帯輪(2)の揺動を制限する後方側制限機構(16)とを具備している。

10

【0008】

前方側無限帯輪(1)と後方側無限帯輪(2)とは、揺動自在であり、階段面(例示：鉛直面)のような斜面上に乗り上がって本体(12：台車)を前進させ又は後退させることができ、且つ、その揺動角度が本体(12)に対して制限され、前方側無限帯輪(1)と後方側無限帯輪(2)は、それぞれに1個の車輪として動作し起伏面に点状接触して前進し又は後退することができる。このように揺動と非揺動の切替えにより、本体(12)は多様に変化する起伏面上で運動することができ、全体の長さを短縮することができる。

【0009】

前方側制限機構は、前方側無限帯輪(1)を回転自在に本体(12)に対して支持する回転軸(9)と、回転軸(9)と同体に回転するリンク(13)と、本体(12)に固定されリンク(13)の回転を阻止するストッパ(15)とを形成している。この場合には、揺動角度の上限が規定される。ストッパ(15)は、可動的に固定されていて、自己の揺動阻止機能を無効化することができる。

20

【0010】

前方側制限機構としては、本体(12)と前方側無限帯輪との間に介設される流体圧シリンダ機構(図示されず)が用いられ得る。前方側制限機構としては、本体(12)と前方側無限帯輪(1)との間に介設されるサーボモータが用いられ得る。この場合には、揺動制限角度は自由に制御的に変更され、運動の自由性が拡張される。

【0011】

本発明による無軌道走行機関の運動制御方法は、無軌道走行機関の運動を制御する無軌道走行機関の運動制御方法であり、前方側無限帯輪(1)の本体(12)に対する揺動を許容して本体(12)を前進させる第1ステップと、その第1ステップの本体(12)の前進時に、後方側無限帯輪(2)の本体(12)に対する揺動を許容する第2ステップと、前方側無限帯輪(1)の本体(12)に対する揺動を禁止して本体(12)を前進させる第3ステップと、後方側無限帯輪(2)の本体(12)に対する揺動を禁止して本体(12)を前進させる第4ステップとを具備している。

30

【0012】

前方側無限帯輪(1)と後方側無限帯輪(2)の揺動と非揺動との同時的・非同時的組合せにより、前方側無限帯輪(1)と後方側無限帯輪(2)は多様に変化する路面上で自由に走行することができ、運動不能に陥ることがなく、更には、その全長が変化して、特に短縮して、狭い通路を走行することができる。

40

【0013】

その第3ステップでは、前方側無限帯輪(1)が第1面(SL1)と第2面(SV1)とが交叉する凸面領域(17)に支持され、第1面(SL1)と水平面との間の角度は、第2面(SV1)と水平面との間の角度より小さい。特に、第1面(SL1)は概ね水平であり、第2面(SV1)は概ね鉛直である。このような第1面と第2面は、所謂階段面を形成している。その第4ステップでは、後方側無限帯輪(2)の前方部位が路面から浮き、後方側無限帯輪の後方部位が路面に支持されていることが特徴的である。

【0014】

50

第3ステップでは、前方側無限帯輪(1)の前方部位が路面から浮き、前方側無限帯輪(1)の後方部位が路面に支持され、且つ、第4ステップでは、後方側無限帯輪(2)の後方部位が路面から浮き、後方側無限帯輪(2)の前方部位が路面に支持されていることが特徴的である。この場合には、全長が短縮され得る。

【0015】

【発明の実施の形態】

図に対応して、本発明による無軌道走行機関は、自律走行台車を支持するクローラが、クローラ揺動機構とともに設けられている。そのクローラは、図1に示されるように、前方右側クローラ1と後方右側クローラ2と前方左側クローラ(図示されず)と後方左側クローラ(図示されず)とから構成されている。4つのクローラは、それぞれに、駆動輪と従動輪と無端輪とから構成されている。前方側クローラ1は、前方側駆動輪3と前方側従動輪4と前方側無端輪5とから構成されている。前方側無端輪5は、前方側駆動輪3の外周面と前方側従動輪4の外周面に案内されて回転する。後方側クローラ2は、後方側駆動輪6と後方側従動輪7と後方側無端輪8とから構成されている。後方側無端輪8は、後方側駆動輪6の外周面と後方側従動輪7の外周面に案内されて回転する。ここで、前方は、後方に対して相対的にいわれる。駆動輪と従動輪の前後位置関係は、任意に規定される。4つのクローラは、独立に駆動され、独立に自律走行台車(本体)12に推進力を与えることができる。

【0016】

クローラ揺動機構は、前方側揺動構造本体(図示されず)と後方側揺動構造本体(図示されず)とを構成している。前方側揺動構造本体は、前方側揺動中心軸9を介して自律走行台車12に対して揺動可能に連結している。後方側揺動構造本体は、後方側揺動中心軸11を介して自律走行台車12に対して揺動可能に連結している。前方側駆動輪3と前方側従動輪4とは、その前方側揺動構造本体に回転自在に支持されている。後方側駆動輪6と後方側従動輪7とは、その後方側揺動構造本体に回転自在に支持されている。前方側揺動中心軸9と後方側揺動中心軸11とは、自律走行台車12に回転不能に又は回転可能にそれぞれに固定されている。

【0017】

自律走行台車12は、前方側揺動中心軸9と後方側揺動中心軸11とを介して、前方側クローラ1と後方側クローラ2と図示されない他の2つのクローラとに揺動自在に支持されている。揺動は、前方側クローラ1に関しては、前方側駆動輪3の回転軸心線と前方側従動輪4の回転軸心線とを含む平面が水平面に対して前方側揺動中心軸9を回転中心として正負方向に回転することである。揺動は、後方側クローラ2に関しては、後方側駆動輪6の回転軸心線と後方側従動輪7の回転軸心線とを含む平面が水平面に対して後方側揺動中心軸11を回転中心として正負方向に回転することである。前方側駆動輪3と前方側従動輪4と前方側無端輪5とは、前方側揺動中心軸9を回転中心として同体に揺動する。後方側駆動輪6と後方側従動輪7と後方側無端輪8とは、後方側揺動中心軸11を回転中心として同体に揺動する。

【0018】

前方側揺動角度規定回転体13は、前方側揺動中心軸9に同軸に固着されている。前方側揺動角度規定回転体13は、前方側揺動中心軸9と同体に自律走行台車12に対して回転する。前方側揺動角度規定回転体13は、既述の前方側揺動構造本体に支持されている前方側駆動輪3と前方側従動輪4とに同体に前方側揺動中心軸9を回転中心軸として回転的に揺動する。後方側揺動角度規定回転体14は、後方側揺動中心軸11に同軸に固着されている。後方側揺動角度規定回転体14は、後方側揺動中心軸11と同体に自律走行台車12に対して回転する。後方側揺動角度規定回転体14は、既述の後方側揺動構造本体に支持されている後方側駆動輪6と後方側従動輪7とに同体に後方側揺動中心軸11を回転中心軸として回転的に揺動する。

【0019】

前方側揺動中心軸9は、自律走行台車12に本体が固定されている前方側電動モータ(図

10

20

30

40

50

示されず)の出力軸として構成され得る。この場合には、前方側揺動角度規定回転体14は、その前方側電動モータにより正負回転方向に回転駆動される。後方側揺動中心軸11は、自律走行台車12に本体が固定されている後方側電動モータ(図示されず)の出力軸として構成され得る。この場合には、後方側揺動角度規定回転体14は、その後方側電動モータにより正負回転方向に回転駆動される。そのような電動モータに代えられて、流体圧シリンダが用いられる得る。この場合には、自律走行台車12に揺動可能に支持される前方側流体圧シリンダと前方側揺動角度規定回転体14との間に前方側リンク機構が介設され、自律走行台車12に揺動可能に支持される後方側流体圧シリンダと後方側揺動角度規定回転体14との間に後方側リンク機構が介設される。

【0020】

前方側揺動角度規定固定体15は、自律走行台車12の前方部位に出没可能又は進退可能に位置固定されている。前方側揺動角度規定固定体15は、反時計方向に回転する前方側揺動角度規定回転体13の回転位置限界角度を規定する。後方側揺動角度規定固定体16は、自律走行台車12の後方部位に出没可能又は進退可能に位置固定されている。後方側揺動角度規定固定体16は、時計方向に回転する後方側揺動角度規定回転体14の回転位置限界角度を規定する。前方側揺動角度規定固定体15と後方側揺動角度規定固定体16は、その進退動作又は出没動作により2位置間で遷移し、そのストップ機能を無効化することが出来る。既述の電動モータとして、そのロータを規定回転角度位置で固定させることが出来る機能を持つサーボモータが用いられる場合には、前方側揺動角度規定回転体14と前方側揺動角度規定固定体15の組は省略され、後方側揺動角度規定回転体14と後方側揺動角度規定固定体16の組は省略され得る。

【0021】

図2(a)、(b)、(c)、(d)、(e)は、本発明による無軌道走行機関の実施の形態を示している。実施の本形態で用いられている自律走行車は、図1に示される既述の自律走行車である。図2(a)に示される自律走行車は、その前方側無端輪5の前面が第1階段鉛直面SV1に突き当たろうとしている。前進可能方向に回転している後方側無端輪8により前進方向推力を与えられている自律走行台車12により前方に押されている前方側無端輪5は、図2(b)に示されるように、第1階段鉛直面SV1に摩擦的に接触していて、第1階段鉛直面SV1の面上で上方に進む。

【0022】

後方側クローラ2から前進推力を受ける前方側無端輪5の接地面は前進方向に運動し前方側クローラ1の傾斜角度(自律走行台車12に対する揺動角度)は大きくなる。前方側クローラ1の傾斜角度がある角度に達した時点で、図2(c)に示されるように、前方側クローラ1のそれ以上の反時計方向(正方向)の回転が阻止される。後方側クローラ2による前進方向推進力を受ける前方側クローラ1は、自己の前進力により第1階段鉛直面SV1と第1階段水平面SL1との交叉縁線(エッジ)17-1で支持されその交叉縁線17-1から反作用を受けて更に前進する。やがて、後方側クローラ2の傾斜角度が、ある角度に達した時点で図2(d)に示されるように、後方側クローラ2のそれ以上の時計方向(自律走行台車12に対して)の回転が、後方側揺動角度規定回転体14と後方側揺動角度規定固定体16の接触により阻止されて、後方側クローラ2の前方部位は、床面(地面)Sから強制的に持ち上げられる。

【0023】

前方側クローラ1が第2階段鉛直面SV2に突き当たれば、前方側クローラ1は既述の通りに第2階段鉛直面SV2に接して競り上がり、前方側クローラ1が第2階段鉛直面SV2に突き当たらなければ、前方側クローラ1の前方部位は空中に浮いたまま前進し、その前方部位の下側面は第2階段鉛直面SV2と第2階段水平面SL2との交叉縁線17-2で支持され、前方側クローラ1は交叉縁線17-2から反作用力を受けて更に前進する。前方側クローラ1が交叉縁線17-2で支持され前進する過程で、後方側クローラ2の前面は、第1階段鉛直面SV1に突き当たり、既述の通り図2(e)に示されるように、第1階段鉛直面SV1に接して上方に前進して競り上がる。後方側クローラ2のそのよう

10

20

30

40

50

な競り上がりの過程で、後方側揺動角度規定回転体 14 は後方側揺動角度規定固定体 16 に突き当たりそれ以上の時計方向回転を阻止される。そのような阻止状態では、自律走行台車 12 は、前方側クローラ 1 の前方部位の 1 箇所（1 直線領域）と後方側クローラ 2 の後方部位の 1 箇所（1 直線領域）とを介して階段面と地面とに支持され前進し続けることができる。

【0024】

図 2 (d) に示される 2 箇所接地は、前後の 2 つのクローラが 1 つのクローラになっていることを示す。揺動角度が規定されている前後の 2 つのクローラ、特に、階段面の落差（段差）に対して相対的に小型であるために生じる 2 箇所接地の運動状態にある前後 2 つのクローラ 1、2 は、それらの一部位が浮いた状態になって、それぞれのクローラの揺動角度が水平面に対して 90 度にならずに、適正な傾斜角度で相対的に段差が大きい階段を平気で上り続けることができる。

10

【0025】

図 3 (a)、(b)、(c)、(d) は、自律走行台車の多様に変形する姿勢を示している。図 3 (a) は、前方側クローラ 1 と後方側クローラ 2 とが前方側揺動中心軸 9 と後方側揺動中心軸 11 とを中心としてそれぞれに時計方向と反時計方向に等角度に回転し、自律走行台車 12 がその姿勢を一定に保持したまま地面から競り上がって、前進している状態を示している。図 3 (b) は、既述のサーボモータが無制御状態になった場合に、前方側クローラ 1 と後方側クローラ 2 の接地可能面の全面が自然に地面に接地して前進している状態を示している。図 3 (c) は、前方側クローラ 1 と後方側クローラ 2 とが前方側揺動中心軸 9 と後方側揺動中心軸 11 とを中心としてそれぞれに反時計方向と時計方向に回転している状態を示している。図 3 (d) は、前方側揺動角度規定固定体 15 と後方側揺動角度規定固定体 16 とを無効にした後に、前方側クローラ 1 と後方側クローラ 2 とが前方側揺動中心軸 9 と後方側揺動中心軸 11 とを中心としてそれぞれに反時計方向と時計方向に回転し、自律走行台車 12 がその姿勢を一定に保持したまま 2 箇所接地により前進方向長さを最短にして、フロントの事故発生現場に向かう廊下の 90 度偏向領域又は階段踊り場の方向転換で移動前進している状態を示している。

20

【0026】

【発明の効果】

本発明による無軌道走行機関、及び、無軌道走行機関の運動制御方法は、運動の自由性が飛躍的に拡大される。

30

【図面の簡単な説明】

【図 1】図 1 は、本発明による無軌道走行機関の実施の形態を示す正面図である。

【図 2】図 2 (a)、(b)、(c)、(d)、(e) は、本発明による無軌道走行機関の実施の形態のステップをそれぞれに示す断面図である。

【図 3】図 3 (a)、(b)、(c)、(d) は、本発明による無軌道走行機関の実施の他の形態のステップをそれぞれに示す断面図である。

【図 4】図 4 (a)、(b)、(c)、(d)、(e) は、公知方法のステップをそれぞれに示す断面図である。

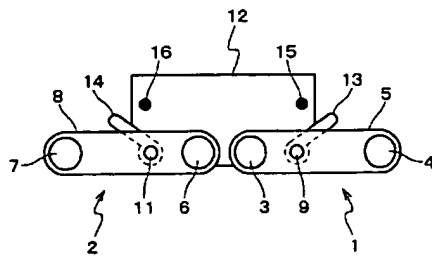
【図 5】図 5 (a)、(b)、(c)、(d)、(e) は、公知方法のステップをそれぞれに示す断面図である。

40

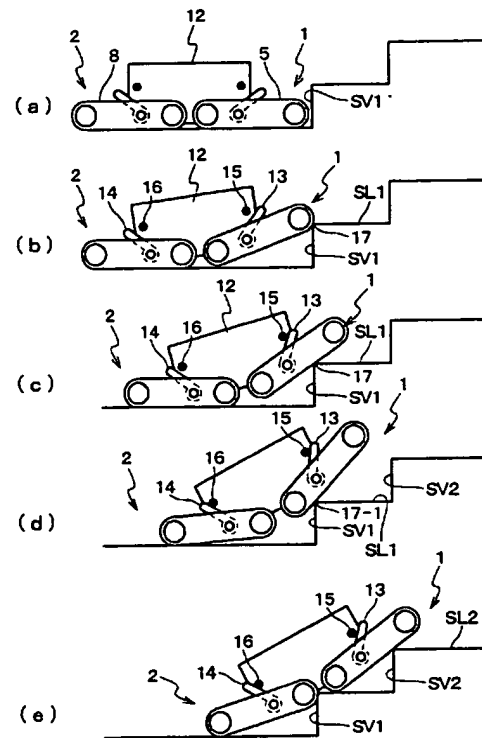
【符号の説明】

- 1 前方側無限帯輪
- 2 後方側無限帯輪
- 9 回転軸
- 12 本体
- 13 リンク
- 15 ストッパ（前方側制限機構）
- 16 後方側制限機構

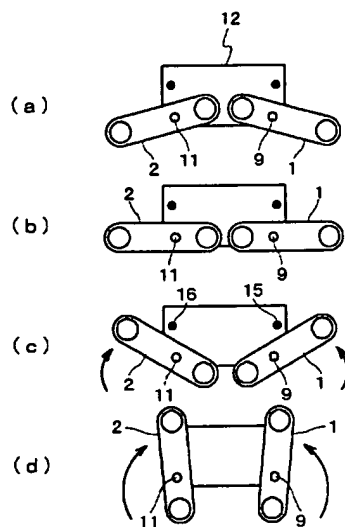
【図 1】



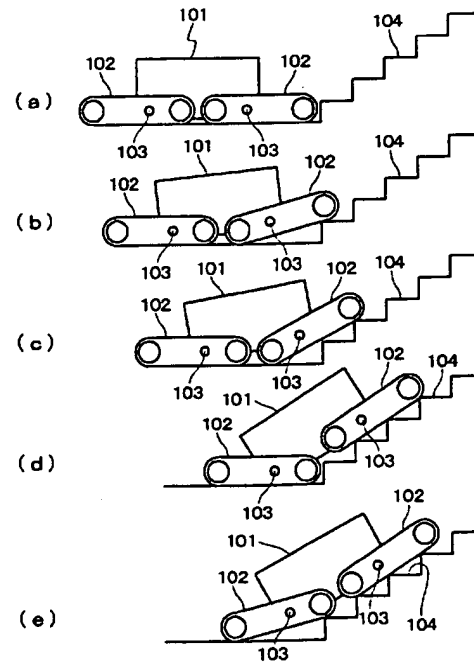
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【図 5】

